



## Bioforsk Rapport

Vol. 7 Nr. 33 2012

# System for innmating av tilleggssubstrat i biogassreaktor



Anne-Kristin Løes, Ingvar Kvande, Knut Tronsen og Morten Holvik

[www.bioforsk.no](http://www.bioforsk.no)



Forsidebilde: Lager av bleikejord fra margarinproduksjon til bruk i et biogassanlegg ved Sinding i Danmark. Oktober 2009. Foto Kristin Sørheim.



**Hovedkontor**  
Frederik A. Dahls vei 20  
N-1432 Ås  
Tel.: (+47) 40 60 41 00  
post@bioforsk.no

**Bioforsk Økologisk**  
Gunnars veg 6  
6630 Tingvoll  
Tel.: (+47) 40 60 41 00  
anne-krsitin.loes@bioforsk.no



**Tittel:**

System for innmating av tilleggssubstrat i biogassreaktor

**Forfattere:**

Anne-Kristin Løes<sup>1)</sup>, Ingvar Kvande<sup>1)</sup>, Knut Tronsen<sup>2)</sup> og Morten Holvik<sup>2)</sup>  
<sup>1)</sup> Bioforsk Økologisk <sup>2)</sup> BioPower Norway

<b>Dato:</b> Februar 2012	<b>Tilgjengelighet:</b> Åpen	<b>Prosjekt nr./Project No.:</b> 20167	<b>Saksnr./Archive No.:</b>
<b>Rapport nr./Report No.:</b> 33/2012	<b>ISBN-nr.:</b> 978-82-17-00903-0	<b>Antall sider:</b> 99	<b>Antall vedlegg:</b> 0

<b>Oppdragsgiver:</b> Regionalt forskningsfond Midt-Norge	<b>Kontaktperson:</b> Anne-Kristin Løes, anne-kristin.loes@bioforsk.no
--	---

<b>Stikkord:</b> husdyrgjødsel, bioenergi, fiskeolje, anaerob gjæring	<b>Fagområde:</b> Landbruk og miljø
---	--

**Sammendrag:** Husdyrgjødsel er godt egnet for anaerob gjæring i biogassanlegg, men gir relativt lite gassutbytte. Derfor er det aktuelt med energirike tilleggssubstrat. Marin sektor har ulike avfallstyper som kan være egnet, som såpe og bleikejord fra raffinering av marine oljer. Denne rapporten diskuterer hvordan disse substratene skal mates inn i biogassanlegget som er etablert på Tingvoll gard.

Godkjent

Prosjektleder

Atle Wibe  
Forskningssjef Bioforsk Økologisk

Anne-Kristin Løes

# 1. Bakgrunn

---

## 1.1 Prosjektet «Biogasskunnskap»

Regionalt forskningsfond Midt-Norge dekker fylkene Sør- og Nord-Trøndelag samt Møre og Romsdal. Ved fondets første utlysning i 2010 fikk Bioforsk Økologisk innvilget et forprosjekt, «Gårdsbaserte biogassanlegg i Midt-Norge - forprosjekt for kartlegging av kunnskapsbehov» (kortnavn: «Biogasskunnskap») med prosjektperiode 2011. Målsetningen var å undersøke hvordan lokale ressurser kan utnyttes slik at biogassanlegg på gårdsnivå i region Midt-Norge kan bli lønnsomme, og vurdere hvordan biogass-behandling av husdyrgjødsel kan redusere landbrukets utslipp av drivhusgasser. Prosjektet handlet altså dels om energiproduksjon, og dels om miljøeffekter.

Prosjektet har undersøkt muligheten for økt energiutbytte i biogassanlegg ved bruk av restprodukter (bleikejord, stearin, såpe) fra fiskeoljeindustrien (Ward 2012) som tilleggssubstrat. Videre har vi vurdert hvordan avfallsstoffer i restproduktene, som organiske miljøgifter og tungmetaller, påvirker bioresten som gjødsel (Amundsen 2012). Vi har også arbeidet med hvordan tilleggssubstratene skal mates inn i biogassanlegget, og hvordan dette skal styres ved hjelp av datamaskin med tilpasset programvare (Løes, Kvande, Holvik og Tronsen 2012). Forprosjekt bør munne ut i prosjektsøknader, og problemstillinger fra forprosjektet er bearbeidet i søknader både til Norges forskningsråd/Styret for forskningsmidler over jordbruksavtalen og Midt-Norsk forskningsfond i løpet av prosjektperioden. Begge søknadene ble innvilget, og gir oss anledning til å arbeide videre med problemstillinger knyttet til biogass i landbruket, og bidra til et økende samspill mellom «grønne» og »blå» næringer (landbruk og marin sektor).

## 1.2 Tilleggssubstrat til biogassanlegg

Tingvoll gard i Tingvoll kommune på Nordmøre er en forsøks- og demonstrasjonsgård som eies av stiftelsen Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK). Samtidig med bygging av ny driftsbygning i 2010, ble det etablert et biogassanlegg til å håndtere gjødsla fra besetningen på ca. 25 melkekyr. Anlegget skal også utnyttes til FoU i en rekke ulike prosjekt. Erfaringer med bygging og oppstart beskrives, og løpende drift av biogassanlegget dokumenteres. Ulike typer substrat testes ut.

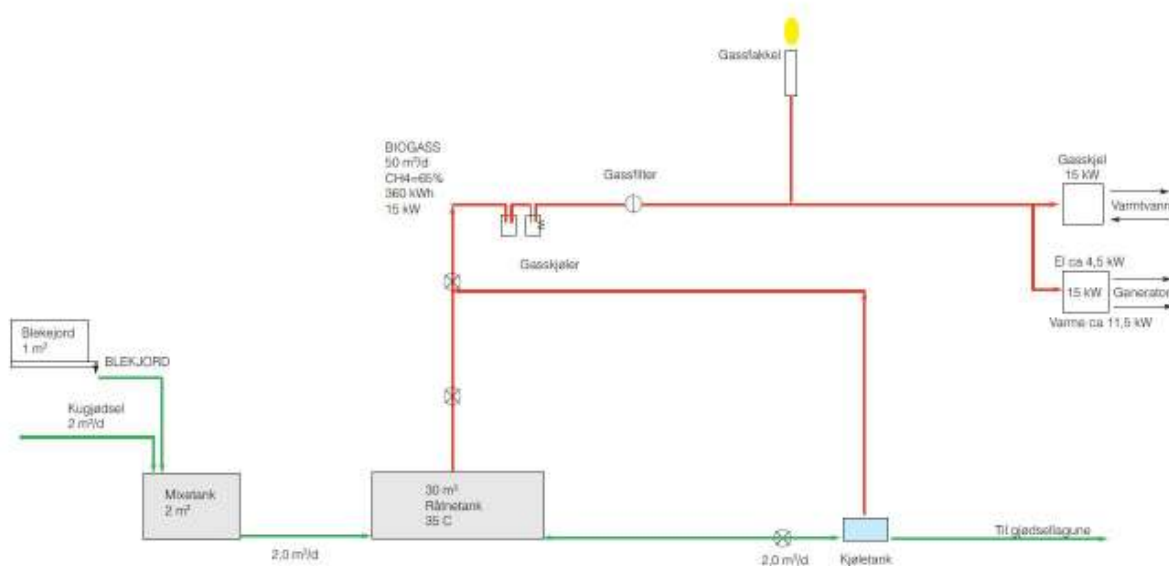
Som del av prosjektet «Biogasskunnskap» har vi i denne rapporten arbeidet med hvordan tilleggssubstratene skal mates inn i biogassanlegget, og hvordan dette skal styres ved hjelp av datamaskin med tilpasset programvare. Biogassanlegget er bygget av firmaet BioPower Norway AS (Trondheim), og de har også vært engasjert i utarbeidingen av denne rapporten. To forslag til system for innmating er beskrevet, med tilhørende programvare. Det er også kommentert hvordan man skal loggføre mål for hvordan gassutbyttet påvirkes av tilførsel av bleikejord.

## 2. Beskrivelse av biogassanlegget

Biogassanlegget på Tingvoll gard består av en blandetank (miksetank) koplet til to råtnetanker, og en felles kjøletank. Råtnetankene er liggende sylindre på 30 m<sup>3</sup>, mens kjøletanken er en stående sylinder på 25 m<sup>3</sup> (Figur 1, 2). I løpet av 2011 ble råtnetankene bygget inn i et delvis isolert hus, og den ene tanken ble isolert. Den andre skal isoleres i løpet av våren 2012. To råtnetanker med separat instrumentering gjør det mulig å sammenlikne ulike substrat.



Figur 1. Til venstre: Ny driftsbygning for økologisk melkeproduksjon på Tingvoll gard, bygd i 2010. Til høyre: Sluttlager for blautgjødsl. Lengst til høyre: Råtnetank og kjøletank for biogassanlegget før dette ble bygget inn, samt teknisk kontainer med faklingstårn (blå). Foto: Anita Land.



Figur 2. Skjematisk skisse av komponentene i biogassanlegget på Tingvoll gard. Kilde: BioPower.

Basis-substratet i anlegget er blautgjødelse fra 22 melkekyr + kalveferdige kviger. Ungdyr og kalver går på halmtalle, som på sikt kan være et aktuelt substrat til biogass. Blautgjødelse fra flyterenner i fjøset samles i en pumpekum og pumpes over i biogassanlegget (eller direkte i sluttlageret). Husdyrgjødelse og tilleggssubstrat blandes i en 2 m<sup>3</sup> tank. Blandetanken står på veieceller slik at det er mulig å kontrollere mengdene som tilføres hver reaktor av ulike substrat. Biogass kan produseres ved flere temperaturer. Per i dag kjøres prosessen med en temperatur i råtnetanken på ca. 33 °C. Gjødsla som pumpes inn har lavere temperatur enn dette, og det er også varmetap til omgivelsene slik at det er behov for å varme opp substratet i råtnetankene regelmessig. Dette skjer ved å pumpe gjødelse ut av råtnetanken og inn i rørstokken (Figur 3) hvor den blir varmevekslet (rør i øverste venstre hjørne, Fig. 3). Varmen som trengs produseres i ei varmepumpe. Oppvarmet gjødelse pumpes tilbake i tanken. All transport av masse inn og ut av anlegget, inn og ut av råtnetankene og inn og ut av kjøletanken skjer via rørstokken. Gjødelse kan pumpes fra hver råtnetank og inn i kjøletanken. Som en del av kjøletank-systemet gjenvinnes varme fra substratet i en egen varmeveksler. Det er montert solfangere på taket av biogasshuset. Den innhentede varmen skal brukes til oppvarming av substrat og erstatte bruk av strøm til oppvarming (varmepumpa).



*Figur 3. Morten Holvik ved pumpestokken i biogassanlegget. Oppvarming av substratet i råtnetankene skjer ved hjelp av ei kappe med varmt vann som omslutter en del av dette røret. Inn- og utpumping styres av ventilene over røret. Blandetanken i bakgrunnen. Foto: Anne-Kristin Løes.*

Når anlegget er kommet i regelmessig drift vil det daglig bli pumpet ca. 1 m<sup>3</sup> gjødelse inn i råtnetanken, og like mye vil bli pumpet ut til kjøletanken og videre ut i sluttlageret. Gass samles opp fra toppen av hver råtnetank og kjøletanken. Etter rensing av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) og vann (H<sub>2</sub>O) sendes gassen ned til en gassmotor (CHP, combined heat and power) for produksjon av strøm og varme og utnyttelse i bygningene på Tingvoll gard.

Når det gjelder måleutstyr har hver råtnetank en egen gassmengdemåler (gas flow). Det er også temperaturfølere og trykktransmitttere i anlegget. Måleinstrumentene krever egne inn- og utgangskort i styresystemet.



## 3. Aktuelle tilleggssubstrat

### 3.1 Bleikejord

Bleikejord er finmalt mineraler som kalsiumkarbonat eller bentonitt, som tilsettes fiskeolje for å fjerne fargestoffer, vitaminer etc. Ubrukt bleikejord er et lysegrått pulver, mens brukt bleikejord er svart og har høyt innhold av fett (Figur 4). I varmt vær kan det være fare for selvantennning i bleikejord pga. høyt fettinnhold. I større mengder må derfor substratet lagres i god avstand fra hus og annet brennbart. Samtidig gjør fettene at substratet blir hardt i kulde, så bleikejorda må varmes opp slik at det blir håndterbart før innmating. Ved romtemperatur vil bleikejord være en pasta som minner om modelleire.

Bleikejord vil komme i containere fra G C Rieber Oils AS. Containeren kan tippes ute i god avstand fra hus, og dekkes med plast. Det vil imidlertid bli en utfordring med innblanding av stein og grus når materialet skal øses opp for videre transport og innmating, og det vil være problematisk å håndtere i kaldt vær. En bedre løsning kan være å skaffe et tilstrekkelig antall palletanker som åpnes som vist på figur 4, og fylle disse fra containeren og lagre dem ute. En palletank av gangen kan så settes til temperering inne i biogasshuset, mens en temperert beholder koples sammen med innmatingssystemet. Hvis temperaturen inne i huset ikke er tilstrekkelig høy til at bleikejorda blir håndterbar, må man vurdere å legge et elektrisk varmebelte rundt beholderen med bleikejord i kalde perioder.



*Figur 4. Åpen pallettank med brukt bleikejord fra G C Rieber, Kristiansund. Fettrikt biprodukt fra raffinering av fiskeolje. Bleikejord er pulver av mineraler som kalsiumkarbonat eller bentonitt. Foto Anne-Kristin Løes.*

Innmatingssystemet for bleikejord bør kunne brukes til innmating også av andre typer relativt tørre substrater. Finsnittet talle (husdyrgjødsel blandet med halm) er et aktuelt substrat å bruke i anlegget, men utstyr for snitting er foreløpig ikke tilgjengelig. Det er små mengder substrat som er aktuelt å tilsette (ikke kontinuerlig mating), og det er ikke nødvendig å tilføre bleikejord og talle samtidig.

### 3.2 Såpe

Ved raffinering av fiskeolje fjernes ustabile fettsyrer med at det tilsettes lut. Biproduktet kalles såpe, og inneholder mye fett. Såpe fra raffinering av matolje er et populært tilleggssubstrat i biogassproduksjon, og per i dag fraktes såpe fra G C Rieber til Danmark. Et stort biogassanlegg nær Kristiansund er under planlegging.

Ved fabrikken vil man ta sikte på å ikke tilsette mer lut enn at alt forbrukes til fett-felling. Normalt vil fiskesåpe da ha en pH verdi på 4-5 (Sagli 2011 pers. komm.). Ved lagring av fiskesåpe må man imidlertid ta høyde for at pH verdien unntaksvis kan bli betydelig høyere. Verdier opp mot pH 10 har vært målt (Ward & Løes 2011).

Ved romtemperatur (20 °C) vil fiskesåpe være flytende og lar seg pumpe, mens ved lavere temperaturer blir den hard.

Frakten av såpe fra Kristiansund til Tingvoll vil skje med tankbil som tar 25-30 m<sup>3</sup>. Såpa vil holde 30-35 °C når den ankommer. Enklest vil det være å lagre såpa i en isolert tank som tar noe mer enn 30 m<sup>3</sup>. Med god isolasjon og en viss omrøring i tanken vil det ikke være nødvendig å tilføre varme for å holde såpa varm nok til at den kan pumpes inn i blandetanken.

Blir det for kostbart med en slik tank kan man skaffe 30 palletanker, som beskrevet for bleikejord.

### 3.3 Fiskeensilasje

Ensilasje av avlivet eller selvdød fisk er et aktuelt substrat i biogassanlegg. Etter hvert er det blitt vanlig å avfette fiskeensilasjen og bruke oljefraksjonen til oppvarming, f.eks. i forbindelse med hygienisering. Avfettet fiskeensilasje inneholder relativt mer protein og mindre fett. Proteiner kan skape utfordringer i biogassprosessen på grunn av høyt innhold av nitrogen og svovel. Det er også utfordringer knyttet til hygienisering av fiskeensilasje. Det er ikke tilsvarende krav til hygienisering av biprodukt fra fiskeoljeindustri.

Fiskeensilasje må være godt oppmalt før innmating. Som beskrevet for andre substrat må ensilasjen lagres frostfritt, og pumpbarheten øker med økende temperatur.

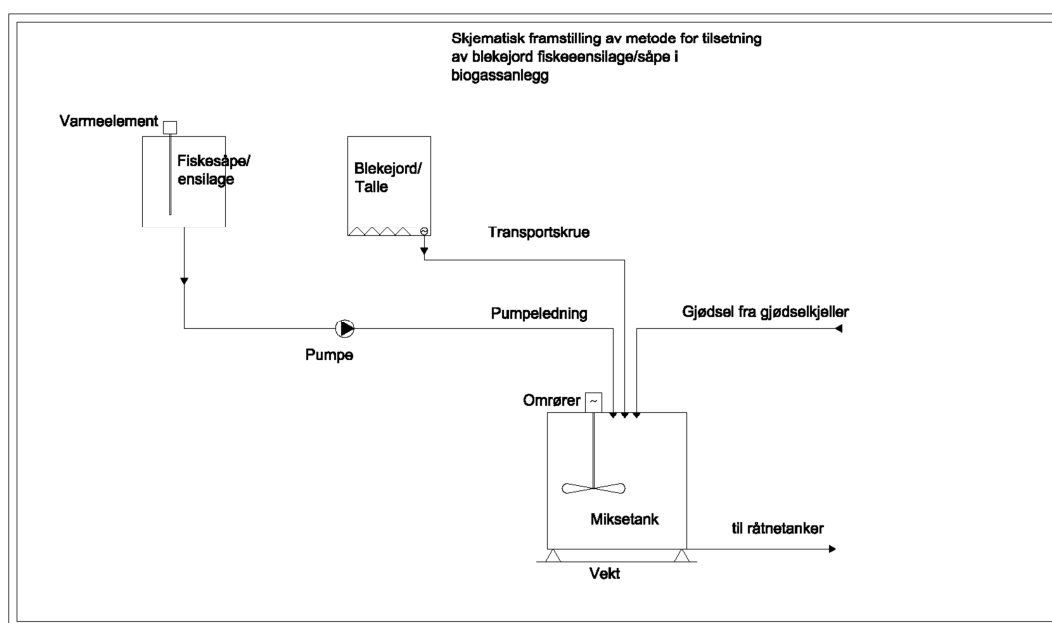


## 4. Innmatingssystem

### 4.1 Talle og bleikejord

Talle blir tilsatt via samme system som bleikejord (Figur 5). Finrevet talle overføres til en beholder på 1m<sup>3</sup> med en transportskrue i bunnen (Figur 6). For at materialet i beholderen ikke skal fryse i kalde perioder, er beholderen plassert inne i biogasshuset ved siden av beholderen for såpe og fiskeensilasje. Fra beholderen og inn i blandetanken går det en fleksibel skrue i plast, som fører finrevet talle eller annet fast materiale med seg når den er i drift.

Før den legges i beholderen må tallen forbehandles for å få ned partikkelstørrelsen, f. eks. i ei fullfôrvogn. Bleikejord kan fylles i beholderen uten noen form for forbehandling, forutsatt at den ikke er frossen og ikke har klumpet seg. Bleikejord er imidlertid ikke lett å helle fra en beholder til en annen, og oppfylling av beholderen må derfor kunne skje med traktor og lesseapparat, eller eventuelt manuelt med spade.



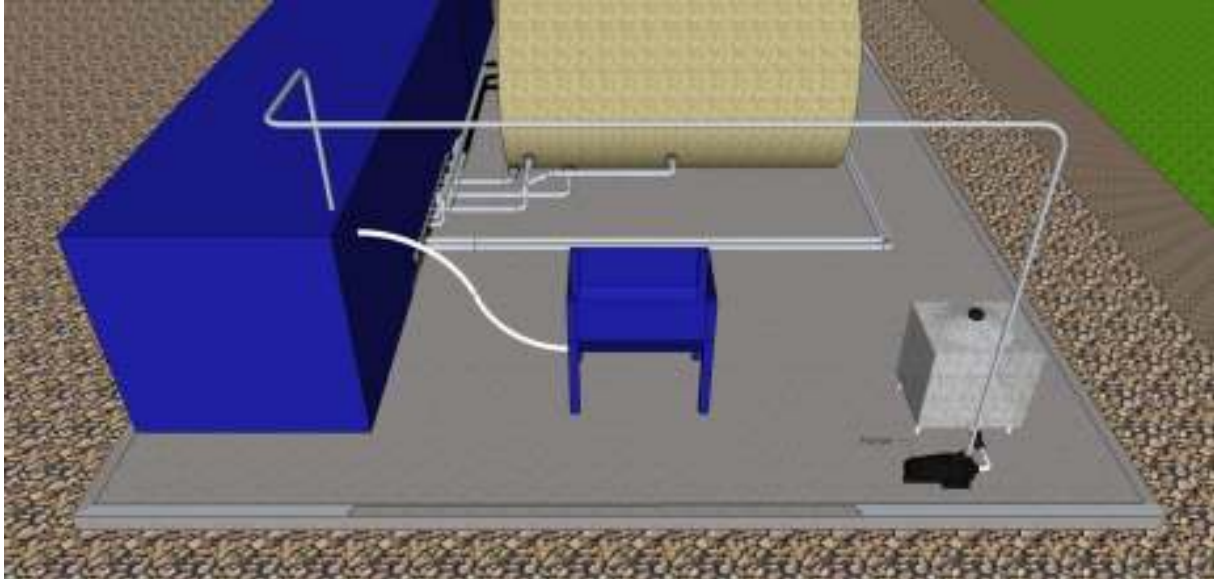
Figur 5. Skjematisk skisse av innmatingssystem for flytende (fiskesåpe/ensilasje) og faste (bleikejord/talle) tilleggssubstrat. NB: Mikseren er sentralt, ikke eksentrisk plassert i blandetanken. Kilde: BioPower.

### 4.2 Fiskesåpe og ensilasje

En isolert tank for flytende tilleggssubstrat som fiskesåpe og ensilasje vil bli bygd av en palletank med uttak på siden (Figur 6). Substrat pumpes inn i blandetanken gjennom et rør. Som nevnt i kapittel 3 kan tanker med såpe lagres et annet sted, og skiftes ut med den som står oppmontert for innfylling i blandetank etter hvert. Ved lave temperaturer må såpen forvarmes opp til ca. 20 grader for å holde den flytende. Dette kan gjøres med å

sette et varmeelement opp i pallettanken, f eks en varmer for kalvedrikke, eller å utstyre tanken med et varmebelte.

Fiskeensilasje vil kun bli brukt til forsøk, og kan fylles på palletank på lik linje med såpe.



Figur 6. Plassering av tanker for tilleggssubstrat. Til høyre: Isolert palletank for flytende tilleggssubstrat (grå). I midten: Åpen beholder for innmating (blå). Til venstre: Kontainer (blå, se figur 3) med blandetank. I bakgrunnen: En av råtnetankene (gul). Fra palletanken pumpes såpe inn til toppen av blandetanken (svart pumpe, grått rør). Fra den åpne beholderen skrus substrater opp til toppen av blandetanken gjennom en fleksiskrue av plast (hvit). I bunnen av beholderen er det en transportskrue i metall som mater substratet inn i fleksiskruen. Kilde: BioPower.

## 5. Program for å styre innmating

---

Basert på et reseptprogram for blanding av fiskefôr og kraftfôr har BioPower utarbeidet et program for innmating av ulike tilleggssubstrat. Basert på veiecellene som er koplet til blandetanken lar programmet operatøren velge ønsket blandingsforhold mellom tilleggssubstrat og gjødsel ved hver innmating til rånetankene.

Det kan lages resepter for ønskede blandingsforhold for ulike tilleggssubstrat i styringssystemet, og det vil være enkelt å endre disse ved behov.

I styresystemet mates alle verdier for mengder tilført blandetanken inn enten fra et OP panel i skapfronten, eller fra en PC koplet til SCADA systemet (supervisory control and data acquisition). Programmet vil starte når antall kilo av hver komponent er matet inn i styresystemet og anlegget står i auto. Programmet kommanderer anlegget til å fylle inn ønsket antall kilo av hver komponent via ventiler og pumper/skruer. Programmet styrer mengde og rekkefølge. For å unngå bunnfelling med bleikejord kan det være best å fylle gjødsel først inn i blandetanken.

Når begge komponenter er fylt inn starter omrører i blandetank. Denne går en gitt tid som kan settes fra OP panel inn i programmet.

Samtidig med at blandeprosessen går åpner ventiler fra rånetank til kjøletank og pumper ut fra rånetanken tilsvarende mengde som står i blandetanken.

Etter at blandetiden er utløpt åpner ventiler og blandingen pumpes inn i rånetanken.

Etter at innpumping er ferdig starter pumpeomrøring i rånetank gjennom varmeveksler, temperatur kontrolleres og omrøringen fortsetter til temperaturen når settpunkt.

På PC skjermen vil hele anlegget og prosessen vises i et statisk flytskjema. Alle målepunkter er knyttet dynamisk opp mot styresystemet slik at målte verdier for gassmengde, temperatur, vekt, mengde og trykk presenteres som verdier i sann tid ved målepunktet på flytskjemaet.

Alle de målepunkter som er relevant for sammenligning av resultater er videre knyttet opp mot trendkurver som presenteres på skjermen slik at man har full kontroll på historikk. Alle data kan eksporteres til andre formater, kommaseparert eller over til Excel. Data kan også overføres til databaser. Dette gjør det lett å grafisk fremstille forskjellen mellom de forskjellige innblandingsforholdene.

Anlegget er koblet opp med SMS varsling ved alarmer, videre koblet opp mot tilgang over internett slik at det kan overvåkes og justeres fra hjemme-PC eller fra kontorene på Bioforsk.

## 6. Litteratur

---

Amundsen, C.E., Linjordet, R. & Haraldsen, T.K. 2012. Miljøgifter i restprodukter fra fiskeoljeindustrien. Vurderinger ved bruk i biogassanlegg. Bioforsk Rapport Vol. 7 No. 35. Bioforsk Økologisk, Tingvoll.

Løes, A.-K., Fisknes, G., Lian, A. & Morken, J. 2012. Bakgrunnsmateriale for vurdering av karbontap under lagring av husdyrgjødsel. Bioforsk Rapport Vol. 7 No. 32. Bioforsk Økologisk, Tingvoll.

Ward, A. 2012. Biogas potential of soapstock and bleaching earth. DCA- Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University, Denmark. DCA Report no 004, 2012.

Ward, A.J. & Løes, A-K. 2011. The potential of fish and fish oil waste for bioenergy generation: Norway and beyond. Biofuels, Vol. 2, No. 4, p. 375-387.